

10 / 516703
02 DEC 2004

PCT/JP 03/07061

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

04.06.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 6月 4日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-162646
[ST. 10/C]: [JP2002-162646]

| | |
|-------------------|-----|
| REC'D 25 JUL 2003 | |
| WIPO | PCT |

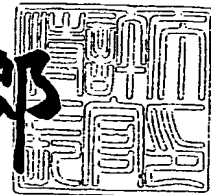
出 願 人
Applicant(s): ナイトライド・セミコンダクター株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3054606

【書類名】 特許願

【整理番号】 442-0001

【提出日】 平成14年 6月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島 1 1 5 番地の 7 ナイ
トライド・セミコンダクター株式会社内

【氏名】 菅原 智也

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島 1 1 5 番地の 7 ナイ
トライド・セミコンダクター株式会社内

【氏名】 佐藤 壽朗

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島 1 1 5 番地の 7 ナイ
トライド・セミコンダクター株式会社内

【氏名】 北澤 慎二

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島 1 1 5 番地の 7 ナイ
トライド・セミコンダクター株式会社内

【氏名】 村本 宜彦

【発明者】

【住所又は居所】 徳島県徳島市八万町中津浦 1 7 4 - 4

【氏名】 酒井 士郎

【特許出願人】

【識別番号】 500221563

【氏名又は名称】 ナイトライド・セミコンダクター株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075258

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 研二

【電話番号】 0422-21-2340

【選任した代理人】

【識別番号】 100096976

【弁理士】

【氏名又は名称】 石田 純

【電話番号】 0422-21-2340

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001753

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体装置及び製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、

前記基板上に形成された、n 型 AlGa_xN 層と n 型 GaN 層を交互に積層してなる第 1 超格子層と、

前記第 1 超格子層上に形成された、GaN 系量子井戸層と GaN 系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、

前記多重量子井戸層上に形成された、p 型 AlGa_xN 層と p 型 GaN 層を交互に積層してなる第 2 超格子層と、

を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 2】 基板と、

前記基板上に形成されたバッファ層と、

前記バッファ層上に形成された第 1 GaN 系層と、

前記第 1 GaN 系層上に形成された n 型 GaN 系層と、

前記 n 型 GaN 系層上に形成された、n 型 AlGa_xN 層と n 型 GaN 層を交互に積層してなる第 1 超格子層と、

前記第 1 超格子層上に形成された第 2 GaN 系層と、

前記第 2 GaN 系層上に形成された、GaN 系量子井戸層と GaN 系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、

前記多重量子井戸層上に形成された、p 型 AlGa_xN 層と p 型 GaN 層を交互に積層してなる第 2 超格子層と、

前記第 2 超格子層上に形成された p 型 GaN 系層と、

を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 3】 請求項 1、2 のいずれかに記載の装置において、

前記第 1 超格子層及び第 2 超格子層における AlGa_xN 層の Al 組成比は 5 % 以上 25 % 以下であり、

前記多重量子井戸層における InGa_xN あるいは AlInGa_xN 量子井戸層の In 組成比は 3 % 以上 20 % 以下で、AlGa_xN あるいは AlInGa_xN 量子バ

リア層の Al 組成比は 1% 以上 20% 以下であり、前記量子井戸層は前記量子バリア層よりもバンドギャップが小さい

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかに記載の装置において、

前記第 1 超格子層における Al Ga N 層及び Ga N 層の厚さはそれぞれ 1 nm 以上 10 nm 以下であり、

前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは 1 nm 以上 5 nm 以下で量子バリア層の厚さは 2 nm 以上 50 nm 以下であり、

前記第 2 超格子層における Al Ga N 層の厚さは 0.5 nm 以上 10 nm 以下で Ga N 層の厚さは 0.5 nm 以上 5 nm 以下である

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 5】 請求項 2、3 のいずれかに記載の装置において、

前記第 1 Ga N 系層の厚さは 500 nm 以上 2000 nm 以下であり、

前記 n 型 Ga N 系層の厚さは 500 nm 以上 10000 nm 以下であり、

前記第 1 超格子層における Al Ga N 層及び Ga N 層の厚さはそれぞれ 1 nm 以上 10 nm 以下であり、

前記第 2 Ga N 系層の厚さは 5 nm 以上 100 nm 以下であり、

前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは 1 nm 以上 5 nm 以下で量子バリア層の厚さは 2 nm 以上 50 nm 以下であり、

前記第 2 超格子層における Al Ga N 層の厚さは 0.5 nm 以上 10 nm 以下で Ga N 層の厚さは 0.5 nm 以上 5 nm 以下であり、

前記 p 型 Ga N 系層の厚さは 5 nm 以上 50 nm 以下である

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 6】 請求項 1～3 のいずれかに記載の装置において、

前記第 1 超格子層における Al Ga N 層及び Ga N 層の厚さはそれぞれ 1.5 nm 以上 5 nm 以下であり、

前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは 1 nm 以上 2 nm 以下で量子バリア層の厚さは 6 nm 以上 20 nm 以下であり

前記第 2 超格子層における Al Ga N 層の厚さは 1 nm 以上 6 nm 以下で Ga

N層の厚さは0.5 nm以上3 nm以下である

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項7】 請求項2、3のいずれかに記載の装置において、

前記第1 GaN系層の厚さは1500 nm以上2000 nm以下であり、

前記n型GaN系層の厚さは1000 nm以上2000 nm以下であり、

前記第1超格子層におけるAlGaIn層及びGaN層の厚さはそれぞれ1.5 nm以上5 nm以下であり、

前記第2 GaN系層の厚さは20 nm以上40 nm以下であり、

前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1 nm以上2 nm以下で量子バリア層の厚さは6 nm以上20 nm以下であり、

前記第2超格子層におけるAlGaIn層の厚さは1 nm以上6 nm以下でGaN層の厚さは0.5 nm以上3 nm以下であり、

前記p型GaN系層の厚さは10 nm以上40 nm以下である

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項8】 基板と、

前記基板上に形成されたn型AlGaIn層と、

前記n型AlGaIn層上に形成された、GaN系量子井戸層とGaN系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、

前記多重量子井戸層上に形成されたp型AlGaIn層と、

を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項9】 基板と、

前記基板上に形成されたバッファ層と、

前記バッファ層上に形成された第1 GaN系層と、

前記第1 GaN系層上に形成されたn型GaN系層と、

前記n型GaN系層上に形成されたn型AlGaIn層と、

前記n型AlGaIn層上に形成された第2 GaN系層と、

前記第2 GaN系層上に形成された、GaN系量子井戸層とGaN系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、

前記多重量子井戸層上に形成されたp型AlGaIn層と、

前記 p 型 AlGaIn 層上に形成された p 型 GaN 系層と、
を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 10】 請求項 8、9 のいずれかに記載の装置において、
前記 n 型 AlGaIn 層及び p 型 AlGaIn 層の Al 組成比は 5 % 以上 25 % 以下であり、

前記多重量子井戸層における InGaIn あるいは AlInGaIn 量子井戸層の In 組成比は 3 % 以上 20 % 以下で、AlInGaIn あるいは AlGaIn 量子バリア層の Al 組成比は 1 % 以上 20 % 以下であり、前記量子井戸層は前記量子バリア層よりもバンドギャップが小さい

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 11】 請求項 8～10 のいずれかに記載の装置において、
前記 n 型 AlGaIn 層の厚さは 50 nm 以上 500 nm 以下であり、
前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは 1 nm 以上 5 nm 以下で量子バリア層の厚さは 2 nm 以上 50 nm 以下であり、

前記 p 型 AlGaIn 層の厚さは 50 nm 以上 500 nm 以下である
ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 12】 請求項 9、10 のいずれかに記載の装置において、
前記第 1 GaIn 系層の厚さは 500 nm 以上 2000 nm 以下であり、
前記 n 型 GaIn 系層の厚さは 500 nm 以上 10000 nm 以下であり、
前記 n 型 AlGaIn 層の厚さは 50 nm 以上 500 nm 以下であり、
前記第 2 GaIn 系層の厚さは 5 nm 以上 100 nm 以下であり、
前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは 1 nm 以上 5 nm 以下で量子バリア層の厚さは 2 nm 以上 50 nm 以下であり、

前記 p 型 AlGaIn 層の厚さは 50 nm 以上 500 nm 以下であり、
前記 p 型 GaIn 系層の厚さは 5 nm 以上 50 nm 以下である
ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項 13】 請求項 8～10 のいずれかに記載の装置において、
前記 n 型 AlGaIn 層の厚さは 70 nm 以上 300 nm 以下であり
前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは 1 nm 以上 2 nm 以下で量子

バリア層の厚さは6 nm以上20 nm以下であり、

前記p型AlGaIn層の厚さは70 nm以上200 nm以下である
ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項14】 請求項9、10のいずれかに記載の装置において、
前記第1 GaN系層の厚さは1500 nm以上2000 nm以下であり、
前記n型GaN系層の厚さは1000 nm以上2000 nm以下であり、
前記n型AlGaIn層の厚さは70 nm以上300 nm以下であり、
前記第2 GaN系層の厚さは20 nm以上40 nm以下であり、
前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1 nm以上2 nm以下で量子
バリア層の厚さは6 nm以上20 nm以下であり、

前記p型AlGaIn層の厚さは70 nm以上200 nm以下であり、
前記p型GaN系層の厚さは10 nm以上40 nm以下である
ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項15】 請求項2に記載の装置をMOCVD法で製造する方法であ
って、

前記基板上に前記バッファ層を450℃以上600℃以下の温度で形成し、
前記バッファ層上に前記第1 GaN系層、前記n型GaN系層、前記第1超格
子層を順次1050℃以上1100℃以下の温度で形成し、
前記第1超格子層上に前記第2 GaN系層、前記多重量子井戸層を順次800
℃以上900℃以下の温度で形成し、
前記多重量子井戸層上に前記第2超格子層、前記p型GaN系層を順次950
℃以上1025℃以下の温度で形成する

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置の製造方法。

【請求項16】 請求項9に記載の装置をMOCVD法で製造する方法であ
って、

前記基板上に前記バッファ層を450℃以上600℃以下の温度で形成し、
前記バッファ層上に前記第1 GaN系層、前記n型GaN系層、前記n型Al
GaN層を順次1050℃以上1100℃以下の温度で形成し、
前記n型AlGaIn層上に前記第2 GaN系層、前記多重量子井戸層を順次8

00℃以上900℃以下の温度で形成し、

前記多重量子井戸層上に前記p型AlGa_N層、前記p型Ga_N系層を順次950℃以上1025℃以下の温度で形成する

ことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置の製造方法。

【請求項17】 請求項2、9のいずれかに記載の装置において、さらに、
前記n型Ga_N系層に接続されたn電極と、
前記p型Ga_N系層に接続されたp電極と、
前記n電極とp電極間に電圧を印加する電源と、
を有することを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項18】 請求項17記載の装置を光源に用い、波長400nm以下の光を照射する装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は窒化ガリウム（Ga_N）系化合物半導体装置及びその製造方法に関し、特に発光効率の改善に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、窒化物半導体を用いた波長370～550nm帯の発光素子が実用化されている。これらの発光素子では、主にIn_xGa_{1-x}N（0<x<1）を発光材料として使用している。In_xGa_{1-x}NにおけるIn組成比xを変化させることで発光波長が変化し、具体的にはxが大きくなるほど発光波長も長くなる。また、In組成比xを変化させると発光波長とともに発光効率も変化する。具体的には、In組成比xがあまりに大きくなると、

(1) InGa_Nを挟む層であるGa_NやAlGa_Nとの格子定数差が大きくなる

(2) 高いIn組成を持つInGa_Nを結晶成長するために結晶成長温度を低くする必要がある

等の理由によりInGa_Nの結晶品質が劣化し、波長が530nmより長くなる

と発光効率が低下してしまう。波長 400～530 nm の範囲では一般に発光効率は高くなるが、波長が 400 nm 以下になると再び発光効率が低下する。

【0003】

波長 400 nm 以下の短波長側で発光効率が低下するのは、結晶中に存在する転位に起因すると考えられる。適当な In 組成比を有する波長 400～530 nm の発光素子 (LED 等) の効率が転位密度によらず高いのは、InGaIn 層中の In 組成の揺らぎによるものである。すなわち、In の組成揺らぎが存在すると、In 組成が部分的に大きい部位で発光するので注入されたキャリアはその部位で捕獲され、転位に到達できずに効率が低下しない。発光波長を短くするためには上述したように In 組成比 x を小さくする必要があり、必然的に In 組成揺らぎも小さくなる。組成揺らぎが小さいとキャリアの捕獲が十分に行われず、キャリアは転位に到達してしまい発光効率が低下することになる。

【0004】

このように、発光波長が 400 nm 以下では、発光効率は転位密度に大きく依存し、転位の存在により発光効率が低下してしまう。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

波長 400 nm 以下における発光効率の低下を防止するためには転位密度を抑制することが必要である。従来においては、例えばELO (Epitaxial Lateral Overgrowth) 法や溝を形成したサファイア基板等の上に発光層を成長させる方法を用いて転位密度を低減しており、これらの手法ではフォトリソグラフィなどの手法を伴うため手間が掛かり、結果として発光素子としてのコストが増大してしまう問題があった。

【0006】

本発明は上記従来技術の有する課題に鑑みなされたものであり、その目的は、フォトリソグラフィ等の特殊な手法を用いることなく、短波長 (特に波長 400 nm 以下) における発光効率に優れた装置を得ることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、基板と、前記基板上に形成された、n型AlGa_N層とn型Ga_N層を交互に積層してなる第1超格子層と、前記第1超格子層上に形成された、Ga_N系量子井戸層とGa_N系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に形成された、p型AlGa_N層とp型Ga_N層を交互に積層してなる第2超格子層とを有することを特徴とする。

【0008】

また、本発明は、基板と、前記基板上に形成されたバッファ層と、前記バッファ層上に形成された第1Ga_N系層と、前記第1Ga_N系層上に形成されたn型Ga_N系層と、前記n型Ga_N系層上に形成された、n型AlGa_N層とn型Ga_N層を交互に積層してなる第1超格子層と、前記第1超格子層上に形成された第2Ga_N系層と、前記第2Ga_N系層上に形成された、Ga_N系量子井戸層とGa_N系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に形成された、p型AlGa_N層とp型Ga_N層を交互に積層してなる第2超格子層と、前記第2超格子層上に形成されたp型Ga_N系層とを有することを特徴とする。

【0009】

ここで、前記第1超格子層及び第2超格子層におけるAlGa_N層のAl組成比は5%以上25%以下であり、前記多重量子井戸層におけるInGa_NあるいはAlInGa_N量子井戸層のIn組成比は3%以上20%以下で、AlGa_NあるいはAlInGa_N量子バリア層のAl組成比は1%以上20%以下であり、前記量子井戸層は前記量子バリア層よりもバンドギャップが小さいことが好適である。

【0010】

また、前記第1超格子層におけるAlGa_N層及びGa_N層の厚さはそれぞれ1nm以上10nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1nm以上5nm以下で量子バリア層の厚さは2nm以上50nm以下であり、前記第2超格子層におけるAlGa_N層の厚さは0.5nm以上10nm以下でGa_N層の厚さは0.5nm以上5nm以下であることが好適である。

【0011】

また、前記第1 GaN系層の厚さは500 nm以上2000 nm以下であり、前記n型GaN系層の厚さは500 nm以上10000 nm以下であり、前記第1超格子層におけるAlGaIn層及びGaN層の厚さはそれぞれ1 nm以上10 nm以下であり、前記第2 GaN系層の厚さは5 nm以上100 nm以下であり、

前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1 nm以上5 nm以下で量子バリア層の厚さは2 nm以上50 nm以下であり、前記第2超格子層におけるAlGaIn層の厚さは0.5 nm以上10 nm以下でGaN層の厚さは0.5 nm以上5 nm以下であり、前記p型GaN系層の厚さは5 nm以上50 nm以下であることが好適である。

【0012】

また、前記第1超格子層におけるAlGaIn層及びGaN層の厚さはそれぞれ1.5 nm以上5 nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1 nm以上2 nm以下で量子バリア層の厚さは6 nm以上20 nm以下であり、前記第2超格子層におけるAlGaIn層の厚さは1 nm以上6 nm以下でGaN層の厚さは0.5 nm以上3 nm以下であることが好適である。

【0013】

また、前記第1 GaN系層の厚さは1500 nm以上2000 nm以下であり、前記n型GaN系層の厚さは1000 nm以上2000 nm以下であり、前記第1超格子層におけるAlGaIn層及びGaN層の厚さはそれぞれ1.5 nm以上5 nm以下であり、前記第2 GaN系層の厚さは20 nm以上40 nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1 nm以上2 nm以下で量子バリア層の厚さは6 nm以上20 nm以下であり、前記第2超格子層におけるAlGaIn層の厚さは1 nm以上6 nm以下でGaN層の厚さは0.5 nm以上3 nm以下であり、前記p型GaN系層の厚さは10 nm以上40 nm以下であることが好適である。

【0014】

また、本発明は、基板と、前記基板上に形成されたn型AlGa_N層と、前記n型AlGa_N層上に形成された、Ga_N系量子井戸層とGa_N系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に形成されたp型AlGa_N層とを有することを特徴とする。

【0015】

また、基板と、前記基板上に形成されたバッファ層と、前記バッファ層上に形成された第1Ga_N系層と、前記第1Ga_N系層上に形成されたn型Ga_N系層と、前記n型Ga_N系層上に形成されたn型AlGa_N層と、前記n型AlGa_N層上に形成された第2Ga_N系層と、前記第2Ga_N系層上に形成された、Ga_N系量子井戸層とGa_N系量子バリア層を交互に積層してなる多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に形成されたp型AlGa_N層と、前記p型AlGa_N層上に形成されたp型Ga_N系層とを有することを特徴とする。

【0016】

ここで、前記n型AlGa_N層及びp型AlGa_N層のAl組成比は5%以上25%以下であり、前記多重量子井戸層におけるInGa_NあるいはAlInGa_N量子井戸層のIn組成比は3%以上20%以下で、AlInGa_NあるいはAlGa_N量子バリア層のAl組成比は1%以上20%以下であり、前記量子井戸層は前記量子バリア層よりもバンドギャップが小さいことが好適である。

【0017】

また、前記n型AlGa_N層の厚さは50nm以上500nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1nm以上5nm以下で量子バリア層の厚さは2nm以上50nm以下であり、前記p型AlGa_N層の厚さは50nm以上500nm以下であることが好適である。

【0018】

また、前記第1Ga_N系層の厚さは500nm以上2000nm以下であり、前記n型Ga_N系層の厚さは500nm以上10000nm以下であり、前記n型AlGa_N層の厚さは50nm以上500nm以下であり、前記第2Ga_N系層の厚さは5nm以上100nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1nm以上5nm以下で量子バリア層の厚さは2nm以上50nm

m以下であり、前記p型AlGa_N層の厚さは50nm以上500nm以下であり、前記p型Ga_N系層の厚さは5nm以上50nm以下であることが好適である。

【0019】

また、前記n型AlGa_N層の厚さは70nm以上300nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1nm以上2nm以下で量子バリア層の厚さは6nm以上20nm以下であり、前記p型AlGa_N層の厚さは70nm以上200nm以下であることが好適である。

【0020】

また、前記第1Ga_N系層の厚さは1500nm以上2000nm以下であり、前記n型Ga_N系層の厚さは1000nm以上2000nm以下であり、前記n型AlGa_N層の厚さは70nm以上300nm以下であり、前記第2Ga_N系層の厚さは20nm以上40nm以下であり、前記多重量子井戸層における量子井戸層の厚さは1nm以上2nm以下で量子バリア層の厚さは6nm以上20nm以下であり、前記p型AlGa_N層の厚さは70nm以上200nm以下であり、前記p型Ga_N系層の厚さは10nm以上40nm以下であることが好適である。

【0021】

また、本発明は上記の装置をMOCVD法で製造する方法であって、前記基板上に前記バッファ層を450℃以上600℃以下の温度で形成し、前記バッファ層上に前記第1Ga_N系層、前記n型Ga_N系層、前記第1超格子層を順次1050℃以上1100℃以下の温度で形成し、前記第1超格子層上に前記第2Ga_N系層、前記多重量子井戸層を順次800℃以上900℃以下の温度で形成し、前記多重量子井戸層上に前記第2超格子層、前記p型Ga_N系層を順次950℃以上1025℃以下の温度で形成することを特徴とする。

【0022】

また、前記基板上に前記バッファ層を450℃以上600℃以下の温度で形成し、前記バッファ層上に前記第1Ga_N系層、前記n型Ga_N系層、前記n型AlGa_N層を順次1050℃以上1100℃以下の温度で形成し、前記n型Al

GaN層上に前記第2 GaN系層、前記多重量子井戸層を順次800℃以上900℃以下の温度で形成し、前記多重量子井戸層上に前記p型AlGaN層、前記p型GaN系層を順次950℃以上1025℃以下の温度で形成することを特徴とする。

【0023】

本発明の装置において、さらに、前記n型GaN系層に接続されたn電極と、前記p型GaN系層に接続されたp電極と、前記n電極とp電極間に電圧を印加する電源とを有することもできる。また、このような装置を光源に用い、波長400nm以下の光を照射する装置を得ることもできる。本発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置を光源に組み込んだ装置は、短波長（波長400nm以下）における発光効率に優れるため、短波長の光源を必要とする用途に適する。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

【0025】

<第1実施形態>

図1には、本実施形態に係るGaN系化合物半導体装置として発光素子（LED）の構成が示されている。発光素子は基板上に複数の層をMOCVD法（金属有機化学気相成長法）を用いて成長させることで作製される。具体的には、以下のように製造される。なお、MOCVD装置自体は公知であるが、その装置構成について概説すると、反応管内にサセプタ及びガス導入管を設ける。サセプタに基板を載置し、ヒータで基板を加熱しながら原料ガスを供給して基板上で反応させる。ガス導入部は例えば反応管の2方に設け、一つは基板の側方からトリメチルガリウムやシランガスなどの原料ガスを導入し、他方は基板の上部から通気性を有する微多孔質部材を介して水素と窒素の混合ガス等を供給する。

【0026】

まず、サファイアc面基板10を用意し、常圧MOCVD装置のサセプタにセットして基板温度1100℃にて水素雰囲気中で10分間熱処理する。その後、基板10の温度を500℃まで下げ、モノメチルシランガスとアンモニアガスを

100秒間流すことで基板10上に不連続的にSiNバッファ膜12を形成する。なお、この不連続SiN膜12は層中の転位を確実に低減するためのものであるが、本実施形態においては省略することも可能である。次に、温度を500℃に維持しつつトリメチルガリウム及びアンモニアガスを流してGaNバッファ層14を25nm形成する。このGaNバッファ層14は、いわゆる低温バッファ層として機能するものである。次に、温度を1075℃まで昇温して、再びトリメチルガリウム及びアンモニアガスを流してアンドープGaN層16を2μm形成する。さらに、トリメチルガリウム及びアンモニアガスにモノメチルシランガスを加えて、Siドープn-GaN層18を1μm形成する。モノメチルシランガスはGaNにSiをドープしてn型にするためであり、Siドープn-GaN層18内のキャリア密度はおよそ $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0027】

次に、基板10の温度を1075℃のまま維持してSiドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ (2nm) / Siドープn-GaN (2nm) を交互に50ペア形成してSLS (Strained Layer Superlattice: 歪超格子) 層20を形成する。 AlGa Nを形成するには、トリメチルガリウム及びアンモニアガスに加えてトリメチルアルミニウムを供給すればよい (Siをドープするため、実際にはさらにモノメチルシランガスを供給する)。SLS層20内の平均キャリア密度は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0028】

その後、基板温度を830℃まで下げてアンドープGaN層22を30nm形成する。さらに、アンドープ $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ (1.5nm) / アンドープ $\text{Al}_{0.1}\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ (9.5nm) を交互に7ペア積層してMQW (多重量子井戸) 発光層24を形成する。 InGa Nはトリメチルガリウム、トリメチルインジウム及びアンモニアガスを供給して形成され、 AlInGa Nはさらにトリメチルアルミニウムを供給して形成される。MQW発光層24は、井戸 (ウェル) 層とバリア層を交互に積層してなり、本実施形態ではアンドープ InGa Nが井戸層として機能し、アンドープ AlInGa Nがバリア層として機能する。井戸層のバッドギャップはバリア層よりも小さく設定される。本実施形態では

、井戸層はInGa_N層であるが、AlInGa_Nで井戸層を構成することもできる。井戸層及びバリア層ともにAlInGa_Nで構成する場合、Al組成を調整して井戸層のバッドギャップをバリア層よりも小さくする。井戸層のAl組成としては、0%~20%が好適である。図1におけるInGa_N井戸層は、Al組成が0%の場合を示したものである。

【0029】

MQW発光層24形成後、基板10の温度を975℃まで上昇させてMgドープp-AlGa_N(1.5nm)/Mgドープp-Ga_N(0.8nm)を交互に50ペア形成してp-SLS層26を形成し、さらに、p-Ga_N層28を15nmだけ形成する。p-SLS層26及びp-Ga_N層28内のキャリア濃度はそれぞれ $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。

【0030】

以上のようにしてLEDウエハを作成した後、LEDウエハをMOCVD装置から取り出し、Ni(10nm)、Au(10nm)を順次、真空蒸着して表面に積層し、5%の酸素を含む窒素ガス雰囲気中520℃で熱処理して金属膜をp透明電極30とする。p電極30を形成した後、表面にフォトリソを塗布し、エッチングマスクとして用いてn-Ga_N層18を露出するようにエッチングし、露出したn-Ga_N層18上にTi(5nm)、Al(5nm)を蒸着して窒素ガス中450℃で30分間熱処理してn電極32を形成する。

【0031】

また、図には示していないが、p電極30及びn電極32の一部にワイヤボンディング用の厚さ500nmのAuパッドを形成し、基板10の裏面を100μmまで研磨してスクラブによりチップを切り出し、マウントして発光素子デバイス(LEDデバイス)が作製される。

【0032】

表1に、図1に示された各層の材料と組成の範囲及びキャリア濃度の範囲を示す。

【0033】

【表 1】

| 層材料 | 組成の範囲 | キャリア濃度の 範囲($1/\text{cm}^3$) |
|-------------------------------------|--|----------------------------------|
| p-GaN | | |
| Mg ドープ p-AlGaN/ Mg ドープ p-GaN SLS | Al=5-25% | 1-50E17 1-30E17 |
| AlInGaN/AlInGaN MQW | AlInGaN(well) (In=3-20%, Al=0-20%)、 AlInGaN (Barrier) (Al=1-20%, In=0-10%)ただし、well層のバンド ギャップは、Barrier層のバンドギャ ップよりも小さくなるように組成を選ぶ。 | アンドープ |
| アンドープ GaN | | アンドープ |
| Si ドープ n-AlGaN/ Si ドープ n-GaN SLS | Al=5-25% | 1-8E18 |
| Si ドープ n-GaN | | 1-8E18 |
| アンドープ GaN | | アンドープ |
| バッファ層 | | アンドープ |
| SiNバッファ(無くても構わない) サファイアC面基板 | | |

なお、表1において、MQW発光層24はAlInGaN/AlInGaN MQW層としているが、前者が井戸層を示し後者がバリア層を示す。表1において着目すべきは、SLS層20、26におけるAl組成は5%以上25%以下、MQW発光層24における井戸層のAl組成は0%以上20%以下、In組成は3%以上20%以下、バリア層のAl組成は1%以上20%以下、In組成は0%以上10%以下となることである。井戸層のAl組成が0%を含み、バリア層のIn組成が0%を含んでいるため、MQW発光層24の材料としては、以下の4種類の組み合わせが存在する。

【0034】

- (a) InGaN井戸層/AlGaNバリア層
- (b) InGaN井戸層/AlInGaNバリア層
- (c) AlInGaN井戸層/AlGaNバリア層
- (d) AlInGaN井戸層/AlInGaNバリア層

いずれの組み合わせにおいても、井戸層のバンドギャップはバリア層のバンドギャップよりも小さくなるように組成が選択される。図1は(b)の場合である。

【0035】

また、表2には各層の好ましい膜厚を示す。

【0036】

【表2】

| 層材料 | 好ましい膜厚 |
|-------------------------------------|--|
| p-GaN | 5-50nm |
| Mg ドープ p-AlGaN/ Mg ドープ p-GaN SLS | AlGaN(0.5-10nm)/GaN(0.5-5nm)(20-100ペア) |
| AlInGaN/AlInGaN MQW | AlInGaN (well) (1-5nm)/AlInGaN(Barrier)(2-50nm) |
| アンドープ GaN | 5-100nm |
| Si ドープ n-AlGaN/ Si ドープ n-GaN SLS | AlGaN(1-10nm)/GaN(1-10nm)(10-500ペア) |
| Si ドープ n-GaN | 500-10000nm |
| アンドープ GaN | 500-2000nm |
| バッファ層 | 10-40nm |
| SiNバッファ(無くても構わない) | |
| サファイアC面基板 | |

表2において、MQW発光層24としては、AlInGaN（あるいはInGa_{0.5}N）井戸層の膜厚は1nm以上5nm以下であり、AlInGaN（あるいはAlGa_{0.5}N）バリア層の膜厚は2nm以上50nm以下である。また、SLS層20におけるAlGa_{0.5}Nの膜厚は1nm以上10nm以下であり、GaNの膜厚も1nm以上10nm以下である。SLS層26におけるAlGa_{0.5}Nの膜厚は0.5nm以上10nm以下であり、GaNの膜厚は0.5nm以上5nm以下である。

【0037】

他の層については、GaNバッファ層14の膜厚は10nm以上40nm以下であり、アンドープGaN層16の膜厚は500nm以上2000nm以下であり、Siドープn-GaN層18の膜厚は500nm以上10000nm以下であり、アンドープGaN層22の膜厚は5nm以上100nm以下であり、p-GaN層28の膜厚は5nm以上50nm以下である。

【0038】

表3には、各層のより好ましい膜厚を示す。

【0039】

【表3】

| 層材料 | より好ましい膜厚 |
|--|--|
| p-GaN | 10-40nm |
| Mg ドープ p-AlGa _N / Mg ドープ p-GaN SLS | AlGa _N (1-6nm) / Ga _N (0.5-3nm) (40-60 ペア) |
| AlInGa _N / AlInGa _N MQW | AlInGa _N (well) (1-2nm) / AlInGa _N (Barrier) (6-20nm) (5-10ペア) |
| アンドープ Ga _N | 20-40nm |
| Si ドープ n-AlGa _N / Si ドープ n-GaN SLS | AlGa _N (1.5-5nm) / Ga _N (1.5-5nm) (40-60 ペア) |
| Si ドープ n-GaN | 1000-2000nm |
| アンドープ Ga _N | 1500-2000nm |
| バッファ層 | 25-35nm |
| SiNバッファ(無くても構わない) | |
| サファイアC面基板 | |

表3において、MQW発光層24としては、AlInGa_N (あるいはInGa_N) 井戸層の膜厚は1nm以上2nm以下であり、AlInGa_N (あるいはAlGa_N) バリア層の膜厚は6nm以上20nm以下である。また、SLS層20におけるAlGa_Nの膜厚は1.5nm以上5nm以下であり、Ga_Nの膜厚は1.5nm以上5nm以下である。SLS層26におけるAlGa_Nの膜厚は1nm以上6nm以下であり、Ga_Nの膜厚は0.5nm以上3nm以下である。その他の層については、Ga_Nバッファ層14の膜厚は25nm以上35nm以下、アンドープGa_N層16の膜厚は1500nm以上2000nm以下、Siドープn-GaN層18の膜厚は1000nm以上2000nm以下、アンドープGa_N層22の膜厚は20nm以上40nm以下、p-GaN層28の膜厚は10nm以上40nm以下である。

【0040】

表4には、各層をMOCVD装置で成長する際の成長温度を示す。

【0041】

【表4】

| 層材料 | 温度(°C) |
|--|-----------|
| p-GaN | 950-1025 |
| Mgドープ p-AlGa _N /Mgドープ p-GaN SLS | 950-1025 |
| InGa _N /AlInGa _N MQW | 800-900 |
| アンドープ Ga _N | 800-900 |
| Siドープ n-AlGa _N /Siドープ n-GaN SLS | 1050-1100 |
| Siドープ n-GaN | 1050-1100 |
| アンドープ Ga _N | 1050-1100 |
| バッファ層 | 450-600 |
| SiNバッファ | 450-600 |
| サファイアC面 | |

表4において、Ga_Nバッファ層14は450℃以上600℃以下で成長させ、アンドープGa_N層16は1050℃以上1100℃以下で成長させ、Siドープn-Ga_N層18は1050℃以上1100℃以下で成長させ、SLS層20あるいはAlGa_N単層20は1050℃以上1100℃以下で成長させ、アンドープGa_N層22は800℃以上900℃以下で成長させ、MQW発光層24は800℃以上900℃以下で成長させ、SLS層26あるいはAlGa_N単層26は950℃以上1025℃以下で成長させ、p-Ga_N層28は950℃以上1025℃以下で成長させる。

【0042】

以上のようにして作製された発光素子を積分球の中に入れ、p電極30及びn電極32に電源を接続し、電流を注入してチップから射出した全光出力を測定したところ、光出力は注入電流20mAのときにおよそ2mWが得られた。発光波長は、2インチ直径のウエハ面内で多少のバラツキはあるものの、波長372nm±5nmの範囲であることを確認している。外部量子効率は、およそ3%である。

【0043】

本願出願人は、図1における層の材料や厚さを変化させたウエハを多数形成し

て同様の評価を行ったところ、発光波長帯により各層の制約条件が異なることを見出した。すなわち、発光ピーク波長が380～400 nmの場合、各層の厚さが表2に示された好ましい膜厚の範囲内であれば光出力は1 mW以上が得られている。一方、発光ピーク波長が365～380 nmの場合は、各層の膜厚が表2に示された好ましい厚さの範囲からずれると光出力は0.1 mW以下に急激に減少し、各層の厚さが表3に示されたより好ましい厚さの範囲からずれると光出力は1 mW以下になる。これらより、表2あるいは表3に示された範囲に設定することで、短波長（波長400 nm以下）の発光効率を向上できることが確認された。

【0044】

このように発光効率が改善される原因は、以下のように考えられる。図2には、本実施形態で作製された発光素子の断面電子顕微鏡写真が示されている。この断面電子顕微鏡写真を詳細に観察すると、n-GaN/AlGaN SLS層20とアンドープGaN層22の界面で転位が低減していることがわかる。SLS層20中に包含される歪みと、この境界面で成長温度を変化させたことが相俟って下地層から伝搬してきた転位が横方向（ラテラル方向）に曲げられ、この真上に形成された発光層24中の転位が低減したと考えられる。

【0045】

さらに、発光効率改善がなされたもう一つの原因として、発光層24の組成揺らぎが考えられる。AlInGaN（あるいはInGaN）井戸層/AlInGaN（あるいはAlGaN）バリア層を積層したMQW発光層24においては、In組成が低くInGaNの組成揺らぎは起こり難い。組成揺らぎが生じるとIn組成が部分的に大きい部位で発光するので注入されたキャリアはその部位で捕獲され、転位に到達できずに効率が低下しない。しかしながら、バリア層中にはAlが添加されているので、InとAlの組成を同時に増やすことで、発光波長を短く保ちつつInとAlの組成を増やし、結果として組成揺らぎが大きくなることが考えられる。図3には、断面電子顕微鏡写真が示されており、この写真では発光層24の井戸層が不均一になっていることが確認される。

【0046】

このように、図1に示された層構造とし、各層の厚さを表2あるいは表3に示された範囲に設定することで高い発光効率を得られる。

【0047】

なお、本願出願人は、SLS層20の代わりにAlGaInの単層とし、SLS層26の代わりにAlGaInの単層としても同様に波長400nm以下での発光効率が高いことを見い出している。具体的には、SLS層20の代わりに、Al組成を5～25%としたAlGaInを50nm以上500nm以下、より好適には70nm以上300nm以下形成し、SLS層26の代わりに、Al組成を5～25%としたAlGaInを50nm以上500nm以下、より好適には70nm以上200nm以下形成する。AlGaIn単層を用いた場合の全体の構成は以下になる。

【0048】

サファイア基板10/SiN不連続膜12/GaNバッファ層14/アンドープGaN層16/Siドープn-GaN層18/AlGaIn層20/アンドープGaN層22/MQW発光層24/AlGaIn層26/p-GaN層28

本実施形態における発光素子は、波長400nm以下で高い発光効率を有するため、この特性を専ら利用して種々の製品を作製することが可能である。以下では、図1に示された発光素子を光源として用いるいくつかの装置例を示す。

【0049】

<第2実施形態>

市販のブラックペン（蛍光ペン）（シンロイヒ製）は可視照明下で文字や図形等を描いても見えないが、そこに紫外線を照射すると描いた文字や図形が現れる。カラーのブラックペン（紫外線を照射するとカラーの図形が現れる）も市販されているが、カラーを再現するためには照射する紫外線の波長が400nm以下、より正確には波長380nm以下でなければならない。従来においては、蛍光灯ブラックライトや水銀ランプ等の光源が使用されているが、大型で消費電力も大きく、電源も大掛かりになる欠点がある。

【0050】

そこで、図形再現用光源として図1に示された発光素子デバイス（LED）を

用いると、小型で電池駆動も可能となる。ブラックペンで描いた図形を、ピーク波長400nm、385nm、372nmのLEDで照射して図形の再現を試みた。照射光強度はおよそ5mW(400nm)、3mW(385nm)、1mW(372nm)である。

【0051】

400nmLEDの場合、図形が現れるものの色は再現されず、蛍光の強度もかろうじて見える程度の非常に低いレベルであった。385nmLEDで照射すると、図形の形ははっきり見える程度に強い蛍光強度は得られたが、色は再現されなかった。特に、赤色の再現性が悪かった。一方、波長372nmLEDの場合、照射強度が1mWと弱いにもかかわらず、蛍光は明るい室内でも全く問題なく見える程度に強く、かつ3原色を忠実に再現できた。

【0052】

これらより、波長365～380nm帯のLEDは、安価に市販されているブラックペン（蛍光ペン）で描いた図形の再現用光源として非常に適していることが確認された。本実施形態のLEDを電池と共にキーホルダやブラックペン、消しゴムその他の製品に組み込んで簡単に再現できる、見えない文字や図形を描画するシステムが得られる。

【0053】

<第3実施形態>

本実施形態におけるLEDからの光を人体の皮膚に短時間照射してその影響を調べた。ピーク波長400nm(5mW)、385nm(3mW)、372nm(1mW)のLED光をそれぞれ10分間皮膚に照射して皮膚の変化（いわゆる日焼け）を調べた。その結果、ピーク波長400nm(5mW)の場合はほとんど影響が見られなかったのに対し、385nm(3mW)の場合は少し変化が見られた。一方、372nm(1mW)の場合には、はっきりした跡が見られた。このことは、波長365～380nm帯のLEDが人体の日焼けを起こすことを示している。このLEDを光源として用いて日焼け装置を製作した。直径5mmのスポットだけを日焼けする装置及びLEDを長さ3cmの直線上に配置して線條に日焼けする装置を作製し、実験を行った。いずれの装置も10分間照射する

ことで日焼けが得られた。なお、30分以上照射すると皮膚の損傷が認められた。

【0054】

従来、日焼け装置は紫外線のランプを使用しているため、照射面積が大きい用途には適当であったが、小さな領域だけの日焼けを作ることはできず、例えば日焼けしたい部位以外をタオルなどで覆うなどの工夫が必要であるところ、本実施形態の日焼け装置では、点や線などの日焼けを任意に作る事が可能である。

【0055】

<第4実施形態>

市販されているUVカット化粧品（SPF50+PA+++）を塗った皮膚に対し、ピーク波長372nm（1mW）のLEDを光源に組み込んだ第3実施形態の日焼け装置で10分間照射した。その結果、UVカット化粧品を塗らない場合と比べて日焼けの程度が非常に小さいことを確認した。このように、本実施形態のLEDは、UVカット化粧品の性能を評価する装置として用いることもできる。

【0056】

従来、この種の検査装置は大型であり、効果を調べるために広い皮膚表面が必要である。本実施形態の検査装置は、上述した実施形態で述べたように点あるいは線等の任意の形状あるいは部位に日焼けを作ることができるので、人体の部位毎の日焼けの程度を調べたり、あるいは携帯して長時間にわたる照射効果を調べることもできる。

【0057】

<第5実施形態>

時計の文字盤や避難誘導等の標識類には蓄光材料が使用されている。これは、蓄光剤に光が当たると、光を消しても蛍光が続くことを利用して暗闇でも字等が読める仕組みを利用したものである。近年、蓄光時間も長くなり3原色も出せるようになっている。例えば、硫化亜鉛に銅を結合させた短残光タイプやストロンチウムアルミネイトに希土類金属を結合させた長残光タイプなどが知られている。このような蓄光剤の感度は一般に波長400nm以下にある。したがって、蓄

光剤と本実施形態のLEDとを組み合わせることで、短時間のみ光を照射して光を消すという操作を繰り返すことで消費電力の非常に小さい表示装置を作製することができる。また、電源が切れても表示は消えない（不揮発な）非常用表示装置も可能となる。

【0058】

ピーク波長400nm（5mW）、385nm（3mW）、372nm（1mW）のLEDと3原色の蓄光剤を組み合わせ表示装置を作製した。蓄光剤を板状に加工し、その裏面から実施形態のLEDの光を照射して表面からの発光を観測した。10分間照射し、決められた時間だけ照射を切るサイクルを繰り返した。30分程度照射を切っても、事務室程度の明るさの部屋で蓄光剤からの発光が確認された。なお、暗闇中では1時間程度切っても蓄光剤からの発光が確認された。全ての波長で同様の効果が得られたが、ピーク波長400nm（5mW）を光源として使用した場合に最も残光が強かった。

【0059】

このように、波長365～400nm帯のLEDと蓄光剤を使用した表示装置により、従来の表示装置と比べて消費電力を著しく低減することができる。

【0060】

さらに、色の再現性についても観測した。ピーク波長400nm（5mW）、385nm（3mW）のLEDは、肉眼には青色～紫色に見えるため、蓄光剤で赤色を出すと両者が混じり合い純粋な赤の再現はできない。緑も同様である。一方、ピーク波長372nm（1mW）のLEDは肉眼ではほとんど見えないため、3原色を忠実に再現することができる。したがって、波長365～380nm帯のLEDを光源として用い、蓄光剤を使用した表示装置は低消費電力で、かつ、フルカラーを再現することができる。

【0061】

<第6実施形態>

蛾等の昆虫の複眼は、波長360nmにピーク感度を有する。その性質を利用して、紫外線ランプを使った昆虫の駆除装置が市販されている。紫外線ランプを街頭に付け、その周辺に昆虫駆除装置を取り付けたものである。紫外線ランプは

、可視光も射出するので一般的には明るく見える。また、消費電力が大きいという問題がある。この昆虫収集用の光源として実施形態のLEDを使用した。ピーク波長は372 nmである。暗闇にLEDを設置し、昆虫の集まり状況を確認した。同時に、2 Wの水銀ランプも比較のため別の場所に設置した。LEDの消費電力を節約するため及び発光ピーク強度を増すため、ピーク電流200 mA、ピーク出力約10 mW、パルス幅10 mS、繰り返し周波数10 Hz（平均出力1 mW）のパルス駆動を行った。光出力は、LEDの方が小さいにもかかわらずより多くの昆虫がLEDに集まることが観測された。水銀ランプは肉眼には青色～紫色に見えたが、LEDはほとんど肉眼では確認できなかった。このことから、昆虫収集用の光源として、波長365～380 nm帯のLEDが使えることがわかる。

【0062】

そこで、市販の昆虫駆除装置のランプをLEDに取り替えて装置を作製した。波長372 nmのLEDを200個使用して、上述した実験と同様にパルス駆動して動作させた。その結果、一晩で改造前と同程度の昆虫を駆除することができた。本実施形態のLEDを光源に用いた昆虫駆除装置は、消費電力が小さく、LEDが小型であるため光源のレイアウトに自由度が増すというメリットがある。さらに、肉眼ではほとんど見えないので、照明を嫌う環境にも用いることが可能である。

【0063】

以上、本発明の実施形態について説明したが、これらは例示に過ぎず、本発明のLEDを用いて他の装置も作製可能である。例えば、紙幣の判定や紙幣の真偽を見分けるための装置や酸化チタンを照射することで得られる光触媒反応を利用した空気や水の洗浄にも使用することができる。

【0064】

また、本実施形態において、Ga₂N層16の代わりにAlGa₂N層を用いることができ、n型Ga₂N層18の代わりにn型AlGa₂N層を用いることができる。さらに、Ga₂N層22の代わりにInGa₂N層を用いることができ、p型Ga₂N層28の代わりにp型InGa₂N層を用いることもできる。すなわち、「Ga

N系層」には、Ga₂N層の他、Ga₂NのGaをAlやInで置換したAlGa₂N層やInGa₂N層も含む意である。

【0065】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば発光効率に優れた装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態に係る窒化ガリウム系化合物半導体装置の構成図である。

【図2】 図面代用写真である。

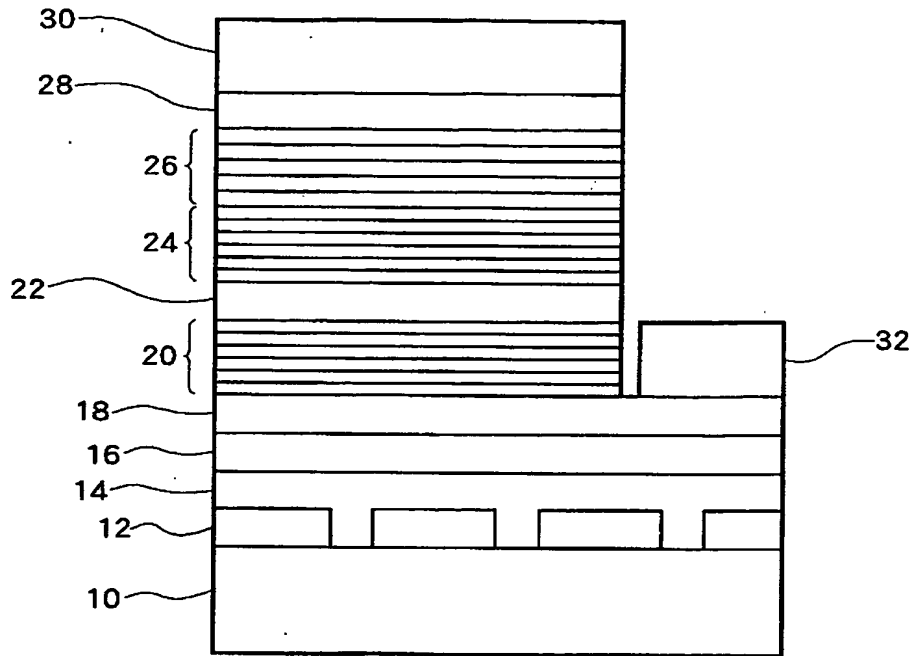
【図3】 図面代用写真である。

【符号の説明】

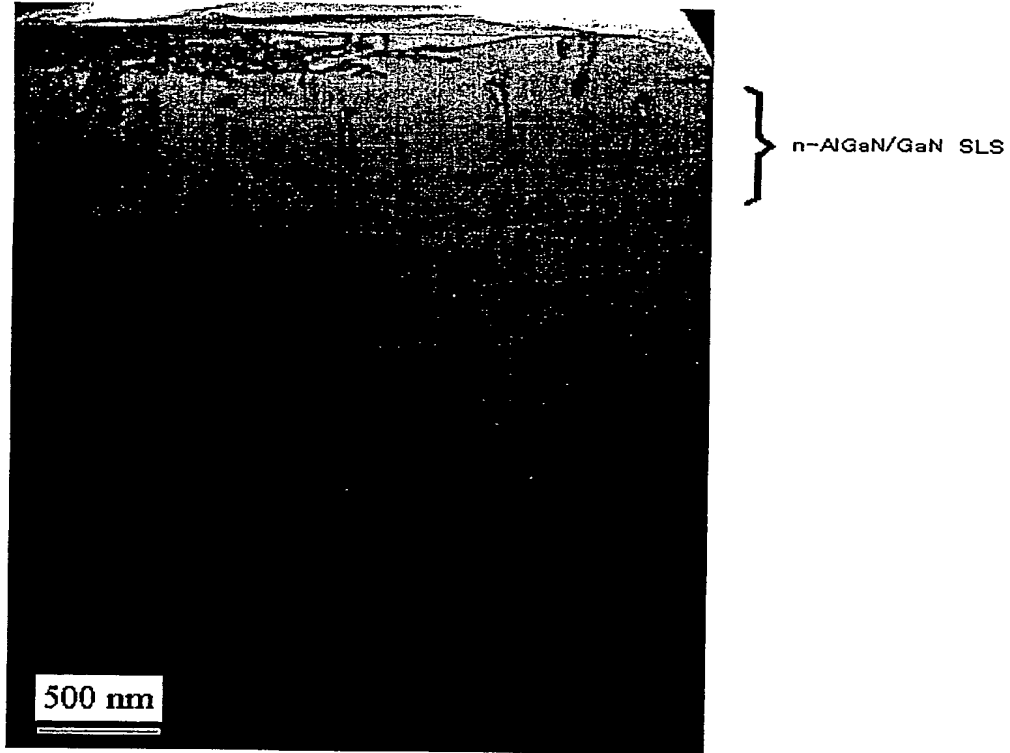
10 基板、12 SiN膜、14 GaNバッファ層、16 アンダーGaN層、18 Siドープn-GaN層、20 Siドープn-AlGa₂N/Siドープn-GaN SLS層、22 アンダーGaN層、24 AlInGa₂N/AlInGa₂N MQW層、26 Mgドープp-AlGa₂N/Mgドープp-GaN SLS層、28 p-GaN層、30 p電極、32 n電極。

【書類名】 図面

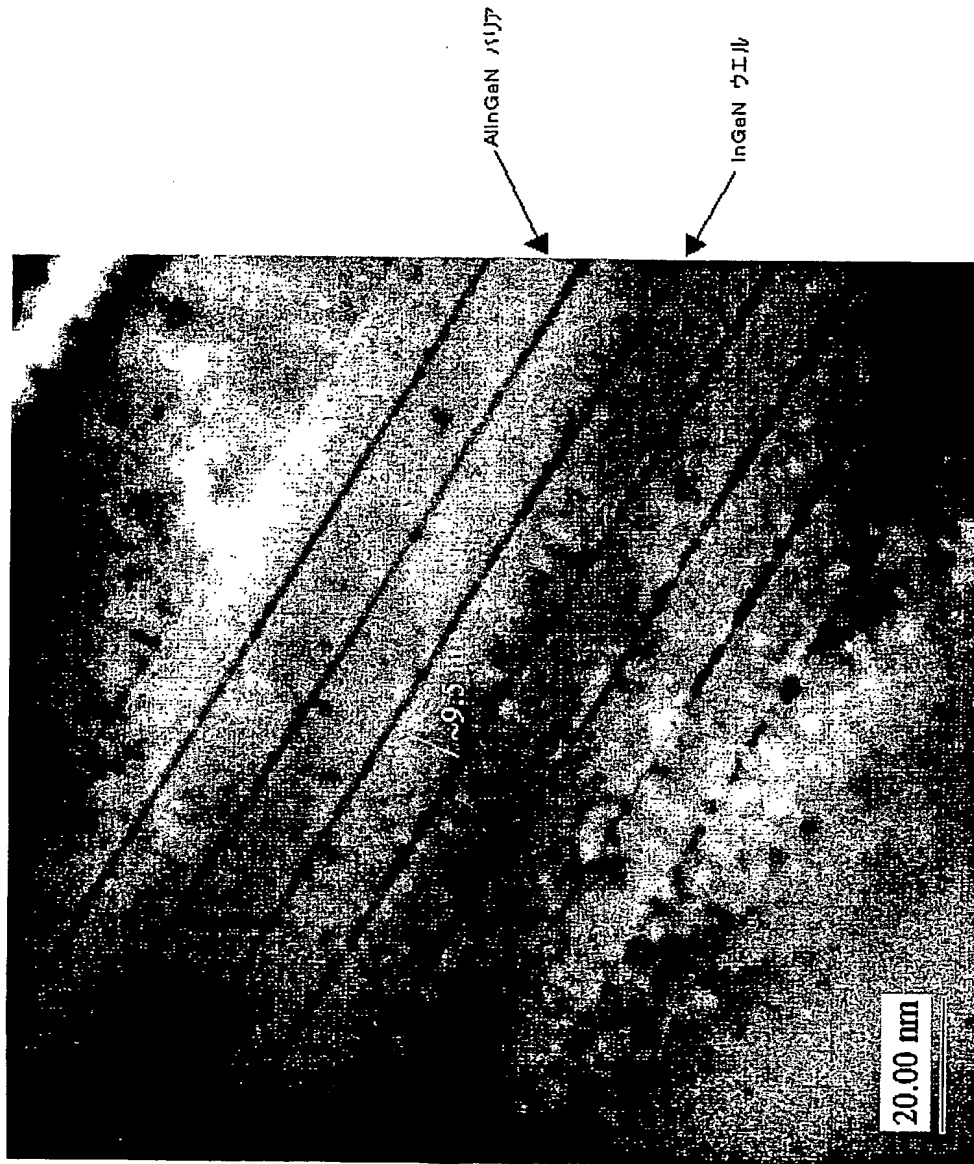
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 GaNを用いた発光素子において、発光効率の向上を図る。

【解決手段】 基板10上に順次SiNバッファ層12、GaNバッファ層14、アンドープGaN層16、Siドープn-GaN層18、SLS層20、アンドープGaN層22、MQW発光層24、SLS層26、p-GaN層28を積層し、p電極30及びn電極32を形成する。各層の組成比及び膜厚を所望の値に調整することで、波長400nm以下の発光効率を向上させる。

【選択図】 図1

特願 2002-162646

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[500221563]

1. 変更年月日

2001年 7月10日

[変更理由]

住所変更

住 所

徳島県鳴門市瀬戸町明神字板屋島115番地の7

氏 名

ナイトライド・セミコンダクター株式会社